JAXA's

［ジャクサス］*March 2012*
宇宙航空研究開発機構機関誌

No.043

水の惑星の
水の問題を
解くために

「しずく」、始動。

人類を含めたすべての生命の営みは、海洋、大気、陸地間の水循環の中で行われています。しかし、今後地球温暖化が進むと気候変動によって水の循環にも変動が起こり、大雨や洪水などの自然災害、森林や農地、生態系の破壊、飲料水や工業用水の不足など、私たちの生活に大きな影響をもたらすと懸念されています。第一期水循環変動観測衛星「しずく」は、地球規模の水循環の変動を長期間にわたって観測する人工衛星です。高性能のマイクロ波放射計によって、水のめぐりを宇宙から見つめます。私たちが安全で豊かな暮らしを実現し、かけがえのない地球を守っていくために――。打ち上げに向けて準備が進む「しずく」プロジェクトへの意気込みと期待を、中川敬三プロジェクトマネージャと、観測データのユーザーに聞きました。

JAXA's No.043
宇宙航空研究開発機構機関誌

INTRODUCTION

世界最大の直径約2mのアンテナを使って地球規模で水の動きを観測する、第一期水循環変動観測衛星「しずく」。気候変動を診断し、どんな症状が出ているのか、その原因は何かを調べる役割を担います。現在「しずく」は打ち上げを目指して種子島宇宙センターで調整中。「地球環境変動観測ミッションの先駆けとして成功させたい」と意気込む中川敬三プロジェクトマネージャに、「しずく」ミッションについて聞きました。グラビアページには迫力の機体写真も公開していますので、あわせてご覧ください。2011年1月、「こうのとり」2号機打ち上げの際、第2段ロケットの制御落下実験が行われ、見事に成功を収めました。機体を安全な場所に落下させる技術はスペースデブリ対策にもつながります。気鋭の若手開発員3人に、苦労の連続だったシステム作りから緊張の本番まで直撃取材しました。本誌裏面を元気な笑顔で飾ってくれたのは、映画『おかえり、はやぶさ』で宇宙に憧れる小学生を演じた前田旺志郎くん。筑波宇宙センターで実物大の人工衛星模型を見学し、宇宙飛行士訓練体験にもチャレンジ。JAXAの子供向けWEBサイト「JAXAクラブ」もあわせて、楽しい体験レポートをご覧ください。

CONTENTS

表紙：第一期水循環変動観測衛星「しずく」の模型と、中川敬三プロジェクトマネージャ

直径2mの高性能アンテナで全球を2日で観測

――GCOMとは何でしょう。

中川　Global Change Observation Mission（地球環境変動観測ミッション）のことです。最近、温暖化が進んできて、いろいろ極端な気象現象が起こると心配されています。そうした地球環境の大きな変化を長期間にわたって宇宙から観測しようというのが目的です。人工衛星の寿命は普通5年くらいなので、3世代、15年間くらい継続して観測します。マイクロ波で観測するのがGCOM–Wシリーズ、可視光や赤外光で観測するのがGCOM–Cシリーズです。Wは水のWater で、Cは気候の Climate の略です。「しずく」はGCOM–Wシリーズの第1号機ということになります。

――「しずく」は地球上のどんなものを観測するのですか。

中川　水分子が放射している微弱なマイクロ波をマイクロ波放射計という装置で観測します。具体的にいうと、大気中の水蒸気量、降水量、積雪深、海面水温、氷の分布、土壌に含まれている水分などです。

――いわゆる気候変動を調べる上で、水に関したデータを観測することには、どのような重要性があるのでしょうか。

中川　気候が変わると、水は非常に敏感に反応します。それから、水はエネルギーを運ぶ役割も果たしています。ですから、水を観測することで、気候変動のメカニズムを知るための貴重な情報を得ることができるのです。

――「しずく」には「AMSR2」というマイクロ波放射計が搭載されます。これはどのような装置なのでしょうか。

中川　高度700kmの宇宙から地上の微弱なマイクロ波をとらえるためには、非常に高感度な受信機と大きなアンテナが必要になります。AMSR2のアンテナは直径が2mくらいあります。だいたい畳2枚分です。それが宇宙に行って、地球からのマイクロ波を集めて受信するわけです。水に関する現象は短い時間で変化するので、「しずく」は地上を高頻度で観測します。2日間で地球全体の昼の面と夜の面両方の99%をとらえます。そのためには一度の観測幅を広くしなければならない。そこでアンテナを回転させて、地上をスキャンします。

――回転数はどのくらいですか。

中川　1.5秒間に1回、つまり1分間に40回まわります。かなりのスピードです。こうやって回転させることで、「しずく」は幅約1450km、すなわち日本列島をカバーできるくらいの幅で観測することができるのです。アンテナを回転させる理由はもう1つあります。受信機は高感度なので、温度の影響を受けて常に感度が変動します。正確な観測データを得るためには、軌道上で温度を正確に計る必要があります。そこで、アンテナが地球を向いているときの受信レベルを、人工衛星本体に付いている約20℃に保たれた高温校正源と、深宇宙を向いている低温校正源（約マイナス271℃）を見たデータとを比較します。これによって、ものすごく精度がよくなります。これを1.5秒に1回するのです。

――直径2mのアンテナをそれだけの回転数で回すのは大変ではないですか。

中川　それがほとんどこの放射計の寿命を決めます。地上なら油をさしたりすることもできますが、宇宙だとそうはいかない。1回作ったものはメンテナンスなしで長期間動かさないといけません。そこは大切な技術ですね。回る部分はアンテナだけではありません。アンテナの下の受信機が入っている箱も一緒に回ります。真空でも使える液体の潤滑剤が回転機構の中に入っています。

――AMSR2の前の世代のマイクロ波放射計である「AMSR–E」がNASAの人工衛星「Aqua」に搭載されていて、昨年10月まで活躍していました。AMSR–Eに比べてAMSR2はどのような点が向上していますか。

中川　受信機はほぼ同じものを使っています。AMSR–Eのアンテナは直径1.6mでしたから、大きくなった分、空間分解能が向上しました。また、宇宙空間での温度変動の影響を受けないように高温校正源の熱制御システムを改善して、一定温度になるように制御しています。それからもう1つ、これは人工衛星自体の問題ではないのですが、「しずく」の受信機のチャンネルの1つである6.9GHz帯は地上でも使われ始めていて、「しずく」にとってはノイズになってしまいます。そこで、7.3GHzというチャンネルを増やしました。どちらか一方のチャンネルで受信したものはノイズとして除去します。両方のチャンネルで受信すれば、それは自然現象だと判断できます。土壌水分を測るときには陸地を観測するので、こうしたノイズを除去できる仕組みは大切です。

観測データをリアルタイムでユーザーに届ける

――「しずく」のデータはどうやって地上に降りてきますか。

中川　2つの方法があります。まず1つは、地球1周回100分間のデータを人工衛星内にためておいて、地上局に一度に送り、地球全体のデータをくまなく取得します。もう1つは、日本周辺のデータだけを早く欲しいユーザーの方、例えば気象庁や漁業関係の方には、日本周辺を飛んでいるときにリアルタイムで降ろします。こうすると、ユーザーの方に非常に短い時間でデータを提供することができます。また、データはすでにJAXAで処理済みですから、例えば漁業情報サービスセンターのところには海面水温のデータそのものが届き、追加の処理をする必要はありません。

――人工衛星の打ち上げだけでなく、データの提供もJAXAの役割というわけですね。

中川　そうですね。ですから、ミッションが成功かどうかは打ち上げ5年後に評価することになっています。

――気候変動の研究のために、「しずく」のデータは貴重な存在になります。

中川　科学者たちが集まったアメリカでの会議で分かったのですが、AMSR–Eのデータ、例えば降水だとか雲だとかは、実にさまざまな研究に使われているんです。要するに基本的なデータなので、研究のベースになっているんですね。「しずく」のデータも同じような使われ方をするでしょうね。

――「しずく」はNASAが主導する「A-Train」を構成する人工衛星の1つになるとのことですが、A-Trainとは何なのでしょうか。

中川　地球観測ではいろいろなセンサで同時に同地点を見ることが非常に効果的です。そこでいくつもの観測衛星を同じような軌道に打ち上げて、10分くらいの時間内に地上の同じ地点を観測しようというものです。「しずく」もその一翼を担うことになりました。ただし、そうなると、軌道面も決まり、位置も決まってくるので、ある意味、HTVと同じような技術が必要になるのです。

――具体的にどういうことでしょうか。

中川　ランデブーの技術が必要になります。回りの人工衛星を避けて、決められた位置に入らなければいけません。「しずく」は数個並んでいる人工衛星の1番前に入るのですが、そうするためには、まず下から少しずつ高度を上げていって、4kmくらい下で人工衛星群を追い越したら、スラスターを噴いて高度をずっと上げます。

――HTVとまったく同じですね。

中川　ええ。HTVのランデブードッキングを経験している人たちの支援を得て行います。こういうふうにして人工衛星を軌道に入れるのはJAXAとして初めてのことです。

――打ち上げが近づいてきましたが、現在の気持を聞かせてください。

中川　地球環境変動観測ミッションという、長い期間継続するミッションの先駆けとなる人工衛星なので、ぜひ成功させたいと思っています。また、このミッションを手がけてずっと思っていることなのですが、「しずく」のデータを一般の方にも広く使っていただきたいと思っています。こうしたデータが社会のインフラとして使われるようにしたいというのが私の抱負です。

中川敬三
NAKAGAWA Keizo
第一期水循環変動観測衛星「しずく」
プロジェクトマネージャ

観測機器：
AMSR2
（高性能マイクロ波放射計2）

「しずく」の測る技術

0.5℃の精度で測る

地表や海面、大気などから自然に放射される微弱なマイクロ波を、700km離れた宇宙から高い精度で観測。海面から放射されるマイクロ波の強度を測定することにより、0.5℃の精度で海面水温を知ることができる。

1.5秒に1回転で測る

直径約2mのアンテナを含む、重さ約200kgのセンサユニットで、1.5秒間に1回転のペースで地表面を円弧状に走査。1回で約1450kmもの幅を観測。

AMSR2観測イメージ
回転
オフナディア角
入射角

地球99%を2日で測る

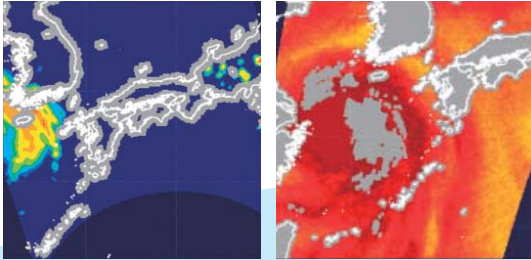
わずか2日間で地球上の99%以上の場所を、昼夜1回ずつ観測。5年以上も休まずに回転し続けることができる。

「しずく」が実現する暮らし

気候変動を精密にとらえる

「しずく」は、海面水温や降水量、水蒸気量、土壌水分量などの総合的な観測によって、気候変動の仕組みの解明に貢献する。地球温暖化の影響が最も早く現れるのは、高緯度地方の積雪や海氷とされ、「しずく」は、極域の積雪、海氷分布の変動を長期間・継続的に観測し、温暖化のわずかな兆候をもとらえる。

天気予報の精度向上

天気予報の精度を良くするためには、コンピューター上で大気の動きを再現し、将来の予測を行う「数値天気予報」の精度向上が不可欠。「しずく」は海面水温、水蒸気量、雲水量、降水強度などを正確に観測するため、日々の天気予報や、豪雨、台風進路予報などの精度向上に役立つ。

画像は2011年8月の台風の際のAMSR-Eの観測データ（左：降水量 右：水蒸気量）。「しずく」搭載のAMSR2は、AMSR-Eをさらに発展させ高精度のデータを取得する

魚場を推定し、干ばつを予測

魚には種類によって最適な水温があり、人工衛星で海面水温を観測し魚が集まる場所を推定する方法が、漁業で活用されている。「しずく」は雲の影響を受けず継続的に観測できるため、漁場探査や魚類資源の保護・管理に重要な役割を果たす。また、農業分野では、土壌の水分量を観測し、世界の穀倉地帯の干ばつ状況の把握や、穀物の生育予測などに貢献する。

AMSR-Eが観測した日本付近の水温分布と、漁場位置の重ね合わせ図。青はカツオ、ビンナガを対象とした漁船の位置、赤はサンマ漁船の位置。カツオやビンナガなどは黒潮系の暖水域に、サンマなどは親潮系の冷水域にそれぞれ漁場が形成されている。暖かい水の張り出し部分や、色（水温）が急激に変化する場所に漁場が集まっていることも確認できる
画像：㈳漁業情報サービスセンター

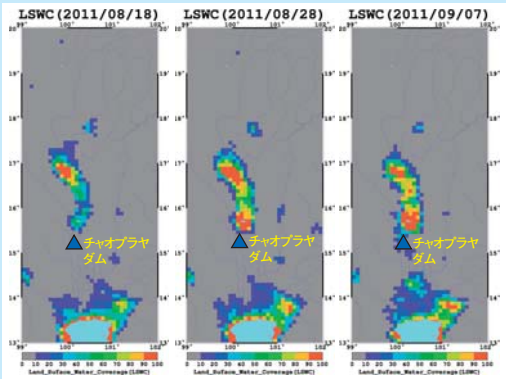
未来へつながるよりよい水環境を築くために

沖大幹
OKI Taikan
東京大学生産技術研究所 教授

2011年7月下旬から始まったタイの洪水は、10月には日系企業が多数入っている工業団地に大規模な水害をもたらし、他の国の水害が日本をはじめ世界中に影響を与えるということを明らかにした。AMSR-Eの観測データによって、中流から下流へと、日を追うごとに氾濫区域が広がりながら南下している様子が分かる
画像提供：東京大学生産技術研究所 竹内渉准教授

深刻度を増す地球の「水」問題

現在、人為的に排出される温室効果ガスによる地球温暖化が心配されている。気温が上がると、気候も変わる。東京大学生産技術研究所の沖大幹教授によると、気候変動の影響は主に水を通じてさまざまに現れてくるという。「世界の気候変動は水循環の変化として、人間社会に深刻な影響を与えることになるでしょう」

気温が上がると雨の降り方が変わる。すると、生活に必要な水が使えなくなったり、今までになかった水災害が起こったりする。

「地球上に水は偏在しています。水を使える場所と使えない場所がある。また、水を使える時期と使えない時期がある。人間はそのような中で水をなんとかうまく利用して暮らしてきたのですが、水循環が変わってしまうと、水の使い方を変えなくてはなりません」

数値シミュレーションでの推計結果によると、現在雨量が少ないところは今後より少なくなり、雨量の多いところでより増えるという傾向の変化が予測されている。今でも水利用の格差があるのに、それがより深刻化してしまうわけだ。こうした変化に対して各国は適応策を立てなければいけないが、そのためには、水循環がどう変化しているかを、できるだけ早めに知ることが重要だ。水循環の変化を観測する「しずく」は非常に重要な存在である。

降雨現象は変化が激しく、地上での観測だけでは全体像をとらえられないので、人工衛星で宇宙から広域に観測することがどうしても必要だ。また、現在ではいくつもの人工衛星を連携させて地球を観測する時代に入っているが、「しずく」が搭載するマイクロ波放射計のデータは世界の研究者にとってなくてはならないものになっている。「しずく」のマイクロ波放射計AMSR2の前の世代のAMSR−Eは、NASAの「Aqua」に搭載されて9年5カ月にわたって稼働していたが、2011年10月に回転が停止した。「各国の地球観測は、高性能のマイクロ波放射計があることを前提にして計画されています。AMSR−Eがなくなってしまったので、今、みんなが次のAMSR2を待っているのです」

水の動きを知るには広範囲に、長期観測が必須

「しずく」は、地球規模での水循環と気候変動を監視して、そのメカニズムの解明や長期気候変動の予測精度向上に貢献することになるが、そのデータは、漁業、農業、水資源管理、海路情報管理、気象など、私たちの暮らしに関係する水の課題解決においても利用される。沖教授によると、その中でも特に実用的なのは、世界の天気予報に役立てられることだという。「AMSR−Eのデータは日本の気象庁だけでなく、世界の各気象機関で大変役に立っていました。『しずく』のデータによって1週間くらい先の天気予報の精度が上がるのではないでしょうか」

北極海の夏の海氷が次第に小さくなっていることが、AMSR−Eの観測で明らかにされてきた。「私は個人的には、『しずく』のミッション期間中に夏の海氷がなくなるのを観測できるかどうかに興味を持っています。もしもそうなれば、科学的に重要な意味があるだけでなく、気候変動の象徴的な出来事として社会的にも大きな影響をもつのではないでしょうか」

「しずく」のAMSR2はアンテナが大きくなったので、より高解像度で地上の積雪や土壌水分を調べることができる。また、AMSR−Eと合わせると20年間ものデータの蓄積が期待できる。こうしたデータを用いると、北半球の積雪面積や土壌水分の変化などを知ることができる。

「水循環の将来予測は、気温情報の予測に比べてばらつきが多いのです。しかし、AMSR2データからの推計結果を使ってシミュレーション・モデルを検証すれば、より正確な予測が可能になります。『しずく』はそうした面でも役に立ちます」

さらに沖教授は、マイクロ波放射計で陸地の水面分布が分かることにも注目している。昨年のタイの洪水について、東京大学生産技術研究所の竹内渉准教授による研究では、水面分布の推計結果は地上の氾濫とうまく対応しており、浸水域が南下していく様子がとらえられていた。雲や昼夜を問わず、洪水氾濫を宇宙から監視することができるようになるのではと、沖教授は期待している。

地球の水環境の観測は重要度を増している。沖教授はマイクロ波放射計による観測の将来について、次のように語る。

「継続して観測することが重要です。日本は高性能のマイクロ波放射計を作ることができるので、『しずく』の後も2号機、3号機と開発していって、この分野での国際的地位を確立し、世界に貢献することが大事なのではないでしょうか」

毎日の天気予報の精度向上や台風の詳細な監視に生かす

気象庁

竹内義明
TAKEUCHI Yoshiaki
気象庁 予報部
数値予報課 課長

佐藤芳昭
SATO Yoshiaki
気象庁 予報部
数値予報課
データ同化技術開発
推進官

天気予報の精度を支える人工衛星観測

昔の天気予報は気圧配置図から天候を予測していたが、近年では従来の方法に加えて「数値予報」という方法が取り入れられている。数値予報とは、気圧や気温、湿度、風向、風速などのさまざまな観測データから、スーパーコンピュータを用いて物理法則に則ったシミュレーションを行い、次にどのように変化するかを予測する方法だ。数値予報を天気予報に組み込むことで、素早く正確な予測ができるようになった。また、計算に使用する数値モデルと呼ばれるプログラムを改良したり、より詳細な観測データを使用することで、天気予報の精度を向上させることができる。

数値予報の計算に使用される観測データには、各地の気象台で観測したデータや気象レーダーによる観測データ、ラジオゾンデによる観測データなどがある。ラジオゾンデとは温度計や湿度計などのセンサを搭載し、気球に付けて飛ばされる観測機器のことである。気象台や気象レーダーによる観測は短い間隔で行えるが、観測できる範囲は限られる。一方、ラジオゾンデでは、高度35㎞程度まで観測できるが、その頻度は通常1日2回に限られる。これらを補うものとして、現在の天気予報では、人工衛星による宇宙からの観測データがきわめて重要になっている。

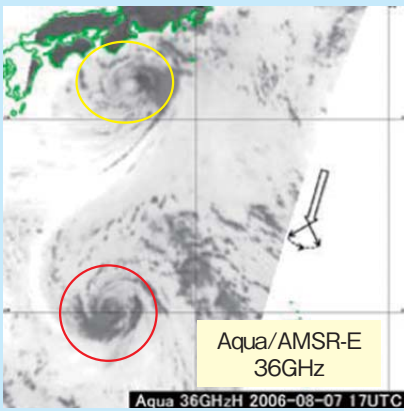
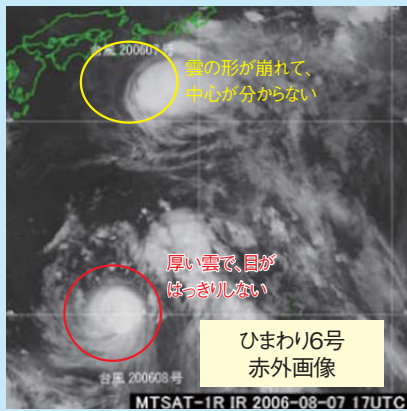
高分解能、高精度の観測に期待

2002年12月に打ち上げられた環境観測技術衛星「みどりⅡ（ADEOS−Ⅱ）」に搭載された高性能マイクロ波放射計AMSRによって、大気中の水蒸気の量や海面水温など水に関するさまざまな観測が03年10月まで行われた。また、04年11月からは、NASAとJAXA、ブラジルが共同で開発した地球観測衛星「Aqua」に搭載されたJAXA開発の高性能マイクロ波放射計AMSR−Eの観測データが、数値予報に利用されていた。

「AMSR、AMSR−Eでは私自身、水蒸気量を算出する手法の研究にPI（主任研究者）として参画しました。個人的にも大変思い入れのあるプロジェクトです。AMSR−Eは1.6mのアンテナを使って、降水の分布や、台風や梅雨時期の湿潤域など、大気の流れを非常によくとらえてくれました。台風の上が厚い雲に覆われて循環もよく見えない時、雲を透かして雨の分布をとらえる『AMSR』のデータは非常に重要なのです」と気象庁予報部数値予報課の竹内義明さんは話す。

「しずく」に搭載される高性能マイクロ波放射計AMSR2は、衛星搭載用のセンサとしては世界最大となる2mのアンテナで、AMSR−Eより高い解像度での観測が可能。また、1回の走査でおよそ1450㎞の幅で観測を行うことができる。さらに、測定精度を向上させているので、海面水温や湿度、雲に含まれる水の量、降水強度など、より正確な計測データを数値予報に利用できる。

『しずく』には非常に期待しています。できるだけ長期間の運用を」と竹内さんは期待を込める。また、毎日の天気予報は非常に短い間隔で予報を立てなければならないため、「観測データを30分以内に使うことができれば、最新状況の把握に非常に役に立ちます。スピーディに利用できるようにして欲しいですね」と、同課の佐藤芳昭さんも要望を語った。

台風の位置の解析には「ひまわり」の観測画像（左）を用いるが、マイクロ波放射計の観測データ（右）もあわせて用いることで、解析精度が向上する
画像提供：気象庁

画像:JAXA/GCTC

地球帰還の前日、記念のパッチを貼るクルー（左から古川、マイケル・フォッサム、セルゲイ・ヴォルコフ宇宙飛行士）。ソユーズ打ち上げが延期された期間をチームワークで乗り切った　画像:JAXA/NASA

「宇宙医学実験支援システム」の技術実証実験では、目の網膜や舌の診断が行われた

「宇宙は理想の仕事場。もう一度長期出張したい」

国際宇宙ステーション（ISS）への長期滞在ミッションを完了した古川聡宇宙飛行士。現在はヒューストンで帰還後のデブリーフィングやリハビリを行っています。ミッション報告のために1月に帰国した際にインタビュー。宇宙での167日間を振り返ります。

帰還後45日間で地球の環境に適応

――帰還直後のことからうかがいます。長く宇宙に滞在していて地球に戻ってきたときの状態はどんなでしたか。

古川　降りた直後は大変だと聞いていましたが、こんなにふらふらするとは予想していませんでした。筋力は比較的保たれていたのですが、バランス能力が失われていましたね。とても立っていられない状況です。

――医師の立場からしても、やはりこういうふうになるのかという感じでしたか。

古川　本当に実感しました。頭を動かすのが怖かったですね。しかし24時間後には急速に回復していました。NASAのリハビリのプログラムは非常によくできていて、45日間でもとの体に戻りました。

――ソユーズ宇宙船での打ち上げのときですが、フライトエンジニアとして左側の席に座って船長の補佐をしました。忙しかったですか。

古川　打ち上げ2時間ぐらい前にソユーズに乗り込み、船長と協力して準備を行いました。打ち上げ後、ロケットが点火している間は状態をモニターするくらいしかないのですが、その後は軌道を変える噴射をしたり、ランデブーをしたりと、かなり仕事がありました。万が一異常が起こった場合にすぐ対処するため、目を光らせていましたし。

――ドッキングしてISSに入っていくときはどうでしたか。

古川　いよいよここに半年間住みこんで仕事をするのかという感じでしたね。

――Twitterで「宇宙酔いになりました」と書いていましたが、自分で経験する宇宙酔いはどうでしたか。

古川　ずっと乗り物酔いになっているようで、頭を動かすと気持ち悪くなります。つらかったですね。しかし、無重力に体が適応していく過程ですから、1週間くらいで良くなりました。

遠隔医療システムや新薬の開発につなげるために

――今回は一般の方からテーマを募った実験として「宇宙ふしぎ実験」のほか、「宇宙医学にチャレンジ！」という実験も行いましたね。

古川　「宇宙医学にチャレンジ！」は非常に興味深かったですね。例えば「眼振」の実験です。体を回転させた後、眼の動きを調べるのですが、自分としては結構眼が回っているのに、眼の動きはあまり見られなかった。宇宙で実験してみて、初めて分かったわけです。「血圧測定」も面白かったですね。地上では下肢の血圧が上肢よりやや高いのですが、宇宙では同じでした。

――宇宙での遠隔医療システムとしてJAXAが開発した「宇宙医学実験支援システム」を実際に使ってみた結果はいかがでしたか。

古川　宇宙に医師がいなくても地上の医師と結んで遠隔診断ができる有用な手段です。また、軌道上で電子カルテを見て、自分の体の状態を知ることができるのは、自分の健康状態により注意を払えるという点で非常によいのではないかと思います。

――電子カルテのデータを地上にいる医師と共有し、対話しながら診断していましたね。

古川　USBカメラを使って、比較的良い映像で舌や眼や結膜、あるいは表情そのものを見ることができます。心音も聴くことができます。宇宙での所見と地上から遠隔での所見が一致するかを調べたのですが、ちゃんと一致していました。よくできたシステムだと思います。

――今後の改善点はどのようなところですか。

古川　いくつかあります。例えばデータが表示されても、医師でないとそれが正常値の範囲内かどうかが分からない。そうした点は今ソフトウェアが改善されています。今後、宇宙に長期滞在する上で必要なシステムになっていくと思います。

――キュウリの成長を調べる実験も行いましたね。

古川　植物の成長を制御するホルモンに関連した、タンパク質の働きを詳しく調べました。植物の重力に対する応答や、成長の制御などを解明するための実験で、将来的には火星などを目指すときの宇宙植物工場にもつながっていきます。ところが実験を始めたとき、

健康増進や介護予防にかかわる団体が参加した交信イベントで、医師の立場から宇宙で健康に過ごすためのヒントを紹介　画像:JAXA/NASA

ISSと「きぼう」運用管制室を結んでミーティング中。地上スタッフとの緊密な連携が、ミッションを支えた

細胞培養装置を使った植物の成長実験。将来の「宇宙植物工場」への第一歩だ　画像:JAXA/NASA

サンプルの固定がうまくいきませんでした。数日後にもう一度行うことになったのですが、その間に地上の実験サポートチームが検討を重ねてくれました。再実験の時には、ビデオカメラで撮影した映像を地上に送り、相談をしながら作業を進めました。チームワークで見事に成功させましたが、あの時は本当にうれしかったですね。

――タンパク質の結晶生成実験もありましたね。

古川　サンプルはもう解析中だと思うのですが、インフルエンザの治療薬につながるタンパク質などの結晶を生成しました。生成したサンプルから、そのタンパク質の立体構造が詳しく分かることが期待されています。宇宙での実験が直接役に立ち、新薬の開発につながればと願っています。実験の機会は定期的にありますので、今後もいろいろなタンパク質を試してほしいと思います。

さらに訓練を重ね再びISSで仕事を

――古川さんが宇宙滞在中、2011年7月に最後のスペースシャトル「アトランティス」号がISSにやってきましたね。どんな印象をもたれましたか。

古川　とても感慨深かったですね。30年の歴史をもつスペースシャトルの一番最後の便を迎えることができたのは、本当に光栄でした。正直言うとスペースシャトルでも飛行したかったのですが、それはかないませんでした。

――同じころ、日本人宇宙飛行士の延べ宇宙滞在時間がロシア、アメリカに次いで世界で3番目になりました。

古川　日本人が国際クルーの一員として定期的に飛んで、世界に貢献しているというのは、とても誇らしいことです。

――一方では、8月にロシアの「プログレス」補給船の打ち上げが失敗して、ソユーズの打ち上げもできなくなり、ISSは一時、3人体制になってしまいましたね。

古川　3人の期間は通常2週間だけなのですが、これが8週間ぐらいありました。その間、3人で働き続けました。私たちは11月には地球に戻らなくてはならず、ISSが無人になってしまうかもしれないという心配もありましたが、クルーのモチベーションは高かったですね。

――ソユーズの打ち上げがやっと復活し、交代のクルーが到着した時はどうでしたか。

古川　うれしかったですね。古い友達に再会したような感じでした。

――そして地球に帰る時がきました。

古川　もっといたいという気持ちも強かったのですが、一方ではもう帰る時だと考えていました。相反する2つの思いがありました。

――ISSを離れて地球に帰還する間、特に印象に残ったことは。

古川　たくさんありますが、ソユーズの姿勢を後ろ向きに制御して軌道離脱噴射を待っている時に、ちょうど北海道の上空を通ったんです。船長に言ってちょっとだけ窓から見せてもらいました。北海道から本州にかけて、とてもきれいに見えていました。もちろんその後はちゃんと仕事に戻りましたよ。（笑）

――軌道離脱噴射は緊張するでしょうね。

古川　その通りです。正しい時刻に、正しい向きに、しかも正しい強さで行わないといけません。噴射しすぎれば突入角度が深くなり過ぎて宇宙船が燃えつきてしまう危険性がありますし、突入角度が浅過ぎると大気にはね返されて突入できず、宇宙の藻くずになってしまいます。しかし、ソユーズはたいへんよくできていて、何かが起きてもバックアップのシステムが何重にも用意されています。とても信頼性の高い宇宙船だと思いました。

――宇宙飛行士候補者に選抜されてから、こうして地球に戻ってくるまで、ずいぶん長い時間がたちました。今のお気持はいかがですか。

古川　宇宙飛行士に応募してから14年ですかね。そういうと長いようですが、振り返ってみると早かった気もします。その間にいろいろ勉強ができました。宇宙は理想の仕事場だと思います。今回のミッションは非常にやりがいがある仕事でした。

――今後の目標についてお話しください。

古川　まずは長期滞在の経験を、今年飛ぶ星出彰彦宇宙飛行士や、その次に船長として飛ぶ若田光一宇宙飛行士、さらに新人宇宙飛行士の3人にもフィードバックしていきたいと思います。かつ、自分自身も訓練を続けて、機会があればもう一度ISSで仕事をしたいですね。

――やはりもう1回行きたいですか。

古川　ぜひ、もう1回、宇宙に長期出張したいですね。

地球を見守る、「しずく」の眼

「しずく」は、日本が強みとしてきたマイクロ波放射計の最新型AMSR2での観測を軌道上で行う人工衛星である。

AMSR2は、「みどりⅡ」に搭載されたAMSRや、NASAの「Aqua」に搭載されたAMSR-Eの設計を踏襲し、観測の継続性を維持しつつ、さらに性能を高めたセンサだ。AMSR-Eでは1.6mだったパラボラアンテナの直径が2mとなり観測の空間分解能が向上。マイクロ波で見える地球表面の〝温度〟を測るための基準となる高温校正源の性能改善を図り、観測精度を高めている。

打ち上げ時は帽子のように覆いかぶさっているパラボラアンテナが、軌道上では写真右手前方向に展開。地球表面(この写真では左奥の壁面方向)からの微弱なマイクロ波を反射し、受信部に送り込む。受信部では6つの周波数帯のマイクロ波の強度を測定し、毎周回ごとに北極圏近くの地上局へ観測データを送信する。そのデータを解析することで、海面の温度や風速、大気中の水蒸気量や土壌水分などを推定することができる。

AMSR2のパラボラアンテナや受信部を含む回転部分は、地表面をスキャンするために1分間に40回のペースで回転する。回転部分の質量だけで約200kg。人工衛星の飛翔に合わせ地球表面を約1450km幅でスキャンしながら観測し、5年のミッション期間では1億回以上、回転を続けることになる。

打ち上げのためパラボラアンテナを折りたたんだ状態のAMSR2

地球側から見た「しずく」。太陽電池パドルの取り付け前の状態。金色の部分は断熱のためのMLI(Multilayer Insulation、積層アルミ蒸着フィルム)に覆われており、銀色の部分は内部の熱を宇宙空間に逃がすためのラジエータ。太陽電池パドル、地球センサ、太陽センサなどを2セット備える、故障に強い設計だ。(左手前が地球面)

赤青メガネで見るアナグリフ画像(3D画像)。右青・左赤のセロハンを通してご覧ください。以下のURLでさらに多くのアナグリフ画像をご覧いただけます。(右奥が地球面)
http://www.jaxaclub.jp/jaxas/3d

パラボラアンテナと太陽電池パドルを展開した後の、軌道上での想像図(下が地球面)

安全性向上と宇宙ゴミ減量化へのチャレンジ
ロケット第2段機体「制御落下」

JAXAはH-ⅡBロケットの第2段機体を狙った場所に落とす「制御落下」のチャレンジを成功させた。宇宙での「安全性向上」と「ゴミ減量化」に取り組んだ若いチームに聞く。

井田恭太郎
IDA Kyotaro
同本部宇宙輸送安全・ミッション保証室　開発員
※役職は当時。
現在JEM運用技術センター所属

坂元 薫
SAKAMOTO Kaoru
同本部宇宙輸送安全・ミッション保証室　開発員

森 茂
MORI Shigeru
宇宙輸送ミッション本部
H-ⅡBプロジェクトチーム　開発員
※役職は当時。現在出向中

米国の観測衛星やドイツの天文衛星、ロシアの探査機などの落下が、昨年来大きなニュースとなっている。運用を終え制御を失った人工衛星だけに、「どこに落ちるか分からない」ことが世の不安を駆り立てた。

しかし、そもそも人工衛星の打ち上げに落下物はつきもの。不要になった固体ロケットや燃料タンクを分離・投棄しつつロケットは上昇していくものだからだ。そうした落下物は洋上に落ちるようロケットの飛行経路が設定され、落下範囲も事前に関係機関に通知されるため、危険は少ない。

だがロケットの最終段だけは事情が異なっている。人工衛星と同じ高度と速度をもつため、人工衛星を分離した軌道にそのまま残ってしまうからだ。そしてスペースデブリとなって宇宙活動のリスク要因となるか、空気抵抗で速度を失いいずれ地上に落ちてくるという2つの道をたどる。

現実にロケットの最終段は、軌道上デブリの中で大きな比率を占めており、「不意の爆発で破片を増やさぬよう、残った燃料を投棄する」「地上に落ちてくる際、なるべく多くの部分が燃え尽きるような設計とする」などの国際的なガイドラインが設けられてはいるものの、根本解決策はまだないのが現状だ。将来のことを考えれば、軌道上から除去したい。除去するからには安全に落下させなければならない。そんな背景から始まったのが、H-ⅡBロケット第2段機体の「制御落下」のチャレンジだった。

HTV（「こうのとり」命名は2号機から）は自前のエンジンで高度を上げISSにアプローチする。そのため通常の人工衛星より低い高度で分離が行われ、第2段機体（約3t）も低い軌道に残される。比較的早くに大気圏に落ちてくるデブリとなるため、日本初の「制御落下」が、H-ⅡB第2段機体で試みられることになったわけだ。

入社10年目のエンジニア、森茂はこう語る。

「H-ⅡB試験機（1号機）では、まず打ち上げを確実に行うことが最優先でした。1号機の実績を踏まえ、2号機から制御落下の取り組みが始まりました。打ち上げ能力を損なわず、最小限の改修で、確実に落とすことがミッションでした」

軌道上からの落下に必要なのは「減速」だ。第2段機体を反転し、進行方向に向けエンジンを正しいタイミングで正しい量だけ噴射すればよい。H-ⅡBのフェアリングや飛行解析に関わっていた森をリーダーに、同年代の坂元薫と入社4年目の井田恭太郎が飛行安全の部門から加わった。

「狙ったのは南太平洋です。高緯度地域は陸地からは遠く、波も高いため船舶がいない。そのためのエンジン噴射を、地球を1周してきた第2段機体が種子島から見えているうちに、確実に実施するという計画を立てました」（井田）

確実な実施のためにはまず「電波リンクの確立」が必要だ。追跡管制用アンテナの〝視野〟は角度にして1度以下。地球の裏側を回って水平線から昇ってくる第2段機体を、カメラの超望遠レンズよりも狭いスコープに収めなければならない（もちろん目視はできない）。通常の追跡管制が射場に静止したロケットを狙う〝射的〟だとすれば、「制御落下」は飛んでいく標的を狙う〝クレー射撃〟。しかもチャンスは一度きりだ。

「2周目以降は機体の電池が持たず、種子島からも見えなくなってしまう。1周目でどうしても成功させなければならなかったんです」（森）

H-ⅡB試験機のデータを改めて見直すと、電波での捕捉に手間取っていることが分かった。地球の裏側を飛んでいるときの姿勢制御のためのスラスタ噴射の影響が思いのほか大きく、予想以上に軌道がズレてしまっていたのだ。そのズレを踏まえた新たな手を打つ必要に迫られた。

一方、エンジン噴射にも通常とは違う工夫が必要になった。

「フルパワーで噴射するとほんの一瞬で減速量は足りてしまうんですが、その分、制御が難しくなる。LE-5Bエンジンでは、始動時の暖機のため〝アイドルモード燃焼〟という燃焼モードが用意されていました。推力はフルパワーの3％程なので、噴射時間は60秒前後に伸び、制御しやすくなる。地上からは制御落下の実施可否のみを指示し、減速の制御はロケット搭載の誘導制御計算機（GCC）に判断させることにしました。必要な推進薬の量も、『こうのとり』2号機の打ち上げを確実に実施できる（打ち上げ能力を損ねない）ことが確認できたので」（森）

種子島から第2段機体が見えている時間は約300秒。逆噴射に約60秒。コマンド送出のために30秒を当て、飛行軌道の正常性と機体の健全性を判定するのに60秒を見積もった。逆算すると、アンテナで電波捕捉するための時間は最大でも80秒となった。

「その場で迷っている時間はないので、GO／NOGOの判断は閾値を設定し機械に判断させるようにシステムを組みました。この閾値設定の議論には時間をかけています」（森）

「30数パターンの故障シナリオを作り、森さんと井田さんにみっちり訓練してもらいました。どのケースをやるかはもちろん事前に知らせず、突発トラブルに対処する訓練です。

私が関わってきた飛行安全のチームは、もしロケットに異常が生じたら飛行中断のコマンドを送るのが最大の仕事です。情が移るといけないので、打上隊とは訓練も別の場所で行ってきましたから、一緒に仕事をするのは初めてのことでした」（坂元）

そして当日。2011年1月22日、「こうのとり」2号機の分離確認後、制御落下チームの仕事が始まった。グアム局からの可視範囲のうちに、機体を反転させエンジンを進行方向に向け、ついでバーベキューロールと呼ばれる軸回りの回転を機体に与えた。太陽熱で機体がムラ焼けすることを防ぐためだ。

第2段機体は、太平洋上からチリ、アルゼンチン、ブラジル上空を通って大西洋に抜け、地中海からイタリア半島を横切り、ロシアに向かう。

「打ち上げから約100分後のAOS（通信リンク確立）に向け席に着いた途端、着水点を推定することにより飛行軌道の正常性を判定するシステムの画面がブラックアウトしたんです。思わず『マジかよ!?』と」（井田）

「マニュアルに従い再起動を試みようとしたが、第2段機体はロシアを通過しすでに中国上空に。再起動に時間がかかると、AOSに間に合わず、制御落下の実施も見送りか……、と」（森）

「実はディスプレイのコネクタがゆるんでいただけでした。PCのインジケータは点灯していたので、後ろにもぐってコネクタを動かしたら画面がついた。かなりホッとしました」（井田）

種子島のアンテナは水平線から昇ってきた第2段機体を速やかに電波で捕捉。飛行軌道の正常性と機体の健全性確認により多くの時間をあてることができ、コマンド送出、逆噴射の開始とスムーズに進んでいった。

「エンジンの噴射中に、落下予測範囲が画面上を動き、予定のエリアでピタリと止まってくれた。落下そのものは地球の裏側での出来事ですが、もう心配はありませんでした」（井田）

種子島からの可視範囲を通過し、パプアニューギニアからニュージーランド上空を通過した第2段機体は南太平洋上で大気圏に再突入。機体のほとんどは燃え尽き、部品の一部が洋上に落ちたものと思われる。日本初の試みは見事成功を収めた。

そもそもロケットは、地球の重力に逆らって人工衛星を打ち上げるために、徹底的に余肉を削いで作られた超軽量で高性能な精密機械である。「レーシングカー」に例える人もいるほどだ。そんなバックギアを持たないレーシングカーで、狭い路地奥の幅ギリギリの車庫入れを成功させるようなピンポイントの制御落下。H-ⅡBの3号機以降の打ち上げでも引き続き実施される計画だ。

制御落下のシナリオ

落下予想域

世界トップレベルの若手研究者を招聘し、宇宙科学の発展に貢献

JAXA「インターナショナルトップヤングフェローシップ」の取り組み

**2009年度から始まった「JAXAインターナショナルトップヤングフェローシップ(ITYF)」。
優れた若手研究者を国内外から招聘し、日本の宇宙科学のさらなる発展と国際化を目指す制度です。
広く国際公募を行った結果、世界中の若手研究者から応募があり、競争率20倍を超えるなか、
2009年度は4名、2010年度は1名の研究者を採用。現在相模原キャンパスを拠点に活動しています。
研究内容や制度を利用した感想などを、それぞれの研究者に聞きました。**

5人のプロフィールはこちらでもご覧いただけます。(英語)　http://www.isas.ac.jp/e/researchers/young-fellowship/fellows

United Kingdom

サラ・バッドマン
Sarah Badman

研究テーマ：木星・土星オーロラと磁気圏ダイナミックスの研究

イギリスのレスター大学で宇宙物理学を学び、今は惑星の磁気圏やオーロラの研究をしています。子供のころから宇宙には興味をもっていました。

オーロラは太陽から飛んできた電子やイオンが惑星の磁気圏につかまり、大気に突入して光を出すことによって現れます。私が主に研究しているのは、木星や土星といった外惑星のオーロラです。ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した木星や土星の美しいオーロラを、皆さんもご覧になったことがあると思います。今、カッシーニ探査機が土星を周回して観測を続けており、土星のオーロラについては新しい情報がどんどん入ってきています。そのため、私は特に土星に興味をもっています。

磁気圏は太陽からの高エネルギー粒子から惑星を守っています。磁気圏がなければ、生命は生きられません。ですから、とても大事な存在です。現在、太陽系以外の惑星系が次々と見つかっています。これからは、こうした系外惑星に生命が存在するかどうかを考える上でも、惑星の磁気圏の研究がとても重要になると思います。

私は、宇宙科学研究所(ISAS)の幅広いアクティブな活動にとても良い印象を受けました。観測機器を設計し、探査機を打ち上げ、データを集め、理論のモデルを作る。科学分野の人と工学分野の人が一緒に仕事をしているのが印象的でした。「はやぶさ」が戻ってきたときは、すべてがエキサイティングでした。何千人もの人がカプセルを見るために待っていました。

JAXAにも土星や木星を研究している人がいるので、一緒に研究することもあります。これからも、この分野の研究を続けていきたいと思っています。

詳しい研究内容はこちら
http://www.isas.ac.jp/j/forefront/2010/sarah

Russia

ドミトリー・カングリヤン
Dmitry Khangulyan

研究テーマ：宇宙線加速と非熱的放射の理論的研究

私の専門は天体物理学です。モスクワの大学で理論物理学の勉強をした後、ドイツのマックスプランク研究所で高エネルギー天文学の研究をしていました。主にブラックホールやパルサーが関係している連星系の研究や活動銀河の研究をしています。最近まとめた、かに星雲にあるパルサーについての論文は『ネイチャー』誌に掲載されました。ISASの研究者とも一緒に研究しています。銀河系中心の巨大分子雲のX線に関する研究や、ガンディさんらとはGX-339-4という天体のジェット現象に関する研究に携わりました。

私の研究は主に理論の分野ですが、理論が正しいかどうかを検証するためには、実際の観測データが必要です。「すざく」のデータは日本に来る前から使っていましたし、日本の「すざく」の研究者と一緒に研究していました。ISASでは現在の「すざく」や次の「ASTRO-H」のプロジェクト、さらにその他の天体観測プロジェクトに関われるのが魅力です。特に「ASTRO-H」には期待しています。きっと天文学にとって画期的な成果が得られるでしょう。

ITYFのシステムは、研究の自由がたくさんあるのが良い点だと思います。ISASに来て気が付いたことですが、ドイツとは異って、若い研究者がいくつものプロジェクトに関わっています。これにはいい面とそうでない面があると思いますが、若い研究者は広く経験を積むことができると思いました。

「はやぶさ」の帰還についてですが、月や他の惑星を調べるために野心的な探査機を設計するには、難しいことにチャレンジし、それに成功することがとても重要だと思いました。

India

ガンディ・ポシャク
Gandhi Poshak

研究テーマ：X線天文衛星、光赤外天文台等のデータを用いたブラックホールに関する研究

インドの大学で物理学を学んだ後、イギリスのケンブリッジ大学で天体物理学を専攻しました。ここに来る前には理化学研究所にいました。専門は高エネルギー天文学、特にブラックホールを研究しています。

私が日本に来た大きな理由の1つは「すざく」や「あかり」のデータを使うためでした。日本は伝統的に高エネルギー天文学の分野で実績がありますし、「すざく」は今、ブラックホールを研究するベストの観測装置の1つです。それにブラックホールの専門家もたくさんいます。もちろん、日本の文化にも興味がありました。

ブラックホールから物質は逃げることはできませんが、ブラックホールに落ちていくときに、莫大な光や熱を出します。そのため、ブラックホールを光や赤外線、X線、ガンマ線などで観測できるのです。私はISASのX線グループや赤外線グループと一緒に研究もしています。「すざく」のX線データと「あかり」の赤外線データを使った研究としては、多数の銀河の超大質量ブラックホールを調べた例があります。これらのブラックホールから来るX線と赤外線には、ある関係があることが分かりました。こうした研究は、ブラックホールの周囲の構造を知る上でとても大事です。

ISASを最初に訪れたときには、建物に入ったホールに、ロケットや探査機などたくさんの展示品が並んでいるのがとても印象的でした。非常に幅広い分野で研究が行われていることが分かったからです。自分の専門以外の人も含めて、ISASの人たちとお茶の時間にいろいろな話をすることも、とてもいい刺激になっています。

詳しい研究内容はこちら
http://www.isas.ac.jp/j/forefront/2010/gandhi

Poland

ルカシュ・スタヴァージュ
Lukasz Stawarz

研究テーマ：高エネルギージェット天体の観測的研究

ポーランドのヤゲロニア大学で物理学を学んだ後、天体物理学を専攻しました。高エネルギー天文学が専門で、ブラックホールやそこから出てくる高エネルギージェットの研究をしています。

最初は理論の研究をしていたのですが、すぐに実際の観測データが大事であることに気が付き、宇宙に観測衛星を送っているヨーロッパやアメリカの研究者と一緒に仕事をするようになりました。現在、フェルミ・ガンマ線天文衛星の国際チームのメンバーになっています。「すざく」の広帯域X線データも非常に重要ですから、日本に来ることになったのも自然の流れといえます。

ブラックホールには2種類あります。1つは星の進化の最終段階にできるもの。もう1つは銀河の中心にある大質量ブラックホールです。私は後者に興味をもっていて、特に、そのブラックホールをエネルギー源として吹き出す高エネルギー粒子束「相対論的宇宙ジェット」に注目しています。今、ガンマ線でいろいろな天体が見つかっており、その正体を調べる研究が進んでいます。私も共同研究者と一緒に新しく発見したいくつかのガンマ線の起源が、ブラックホール天体であることを確認しました。私にとってガンマ線やX線のデータが特に重要なので、「ASTRO-H」に非常に期待しています。ISASでそのプロジェクトに関わることができるのは、私にとって非常に意味があることです。

いろいろな分野の研究が行われていることがISASの大きな魅力です。私は惑星科学のセミナーに参加したことがあります。そのセミナーの研究者とは最初は話をするだけでしたが、そのうち論文を交換するようになりました。自分の分野以外の人と議論をできることはとてもいい経験だと思います。

詳しい研究内容はこちら
http://www.isas.jaxa.jp/j/forefront/2011/lukasz

Japan

河合宗司
Kawai Soshi

研究テーマ：宇宙科学に関する流体物理と計算科学に関する研究

ここに来る前はアメリカのスタンフォード大学にいました。ポスドクとして、高速気流中の乱流解析に関わる研究プロジェクトに携わっていました。その間に、研究者として独立した環境で独自の研究を進めたい、他にもいろいろな研究をしたいという思いもあって、このフェローシップに応募しました。自分の好きな研究をすることができ、研究費もあるので、研究者として独立する第一歩になると思いました。とてもいい環境だと思います。

私の研究は、流体の物理学です。例えば、飛行機や宇宙機というのはとても速いスピードで飛行します。すると、機体の回りの流れが乱流と呼ばれる状態になったり、衝撃波が生じたりします。こうした現象を理解しておくことは、機体を設計する時に非常に重要になってきます。そういう流体の物理学の基礎的な研究をしています。手法としては理論と数値シミュレーションを組み合わせています。シミュレーションには主に調布にあるJAXAのスーパーコンピュータを使っています。

最近の研究で、乱流と衝撃波を一緒にシミュレーションする方法や、細かい渦がたくさん発生する場合(高レイノルズ数流れ)の計算の方法を提案しました。これまで困難だった問題を解くことに成功した、インパクトのある研究になっていると思っています。この成果はロケットや航空機だけでなく、こうした流れ場が現れる他の工学的な問題を解決する上でも利用できます。

日本には、若い研究者が独立して自分の好きな研究をする環境が少ないので、このフェローシップはとても大事だと思います。この機会に幅広い分野でよい研究をし、将来はできれば自分で研究室を持って、今度はチームとして研究を発展させていきたいという希望をもっています。

逢坂卓郎
OSAKA Takuro
筑波大学大学院人間総合科学研究科芸術学系教授。2001年よりJAXA（当時は宇宙開発事業団）との共同研究として、宇宙空間での芸術の可能性を探る「Space Arts Project」に参画。「きぼう」で行われる文化・人文社会科学利用パイロットミッション(EPO)では「墨流し水球絵画」「SpiralTop」「オーロラオーバルSpiralTop」を実施。
http://takuro-osaka.com

宇宙船内に浮かぶ「小さな海」を生命の輝きで満たす芸術ミッション

「墨流し水球絵画－Ⅱ」

宇宙だからこそ実現する「浮遊する大きな水球」の表面に、水墨や金箔を浮かべる「墨流し水球絵画」は、大きな反響を呼んだ。代表提案者である逢坂卓郎教授は、続く作品に「光」を持ち込み、生命の深遠さを表現しようとした。「発光する墨流し水球絵画－Ⅱ“生命、光、海”」である。2011年9月30日夕方（日本時間）、古川聡宇宙飛行士の手で行われた宇宙芸術の試みの、舞台裏を聞く。

通常の照明を消し、LEDブラックライト（紫外線灯）を点灯した途端、青い光を放つ水球が現れた。実験を見守る人たちの間にどよめきが沸いたという。

「予想外の美しさに言葉を失いました。見ている皆がそうでした」（「きぼう」運用関係者）

宇宙のどこかにあるかもしれない、まだ見ぬ惑星をイメージさせる青い縞模様は、水球を攪拌（かくはん）してできた表面の流れを反映したもの。点在する青緑の光は、逢坂教授自らが淡路島で採集した発光生物ウミホタルの粉末だ。

一方、水球そのものには、生理食塩水が用いられた。写真やビデオには映らなくとも、それが「生命を育んだ海と同じであること」が作品にとって重要だったからだ。そうした準備を経て、「きぼう」日本実験棟に浮かぶ小さな海を、日本の海で生まれた光が、ほのかに照らし出したのである。

青い水球に続いて行ったのが、光の3原色であるRGB（赤・緑・青）の蛍光インクを用いた作品だ。このインクにも工夫が必要だった。

「絵の具が放つニオイはバインダーである溶剤が揮発したもの。国際宇宙ステーションの安全基準を満たすため、そうした揮発性ガスが生じないよう、ゼラチンをバインダーに使ったインクを手作りし、さらに漏洩防止のためにシリンジ（注射器の軸）に詰めて持ち込みました。インクを注入していくと、それ自身が発光するため水球の裏側の模様まで見える。しかも自発光するインクなので、普通の絵の具が混ぜるほど暗くなっていくのとは逆に、こちらは白く輝きを増していく。それも面白かったですね。

また、さすがに古川宇宙飛行士、注射器の扱いは慣れたものでしたが、それ以上に水を拭う動作など1つ1つの作業が丁寧で、本当に安心して見ていられました。期待以上の作品になったと感謝しています」

ちなみにウミホタルの発光物質の精製と解明は、かの下村脩博士の最初の業績だ。博士はその後アメリカに渡り、クラゲの発光物質を突き止める。その発光タンパクは、遺伝子工学のツールとして分子レベルで行われる生命現象の解明に大きく貢献、その業績により2008年に博士はノーベル化学賞を授与された。下村博士らの業績を記した書物『光るクラゲ』には、こんな一節がある。

生命は、光る虫の研究に一生を捧げる者にも星へ旅する者にも等しく、その神秘のベールを脱ぐのだ

その見解にまったく異論はないが、ここに“芸術家”を加えるのも、ひとつのアイデアではないだろうか。

（文・喜多充成）

実際に使用したものと同じインク。逢坂教授苦心の作

※参考文献　『光るクラゲ』（V・ピエリボン／D・F・グルーバー著、滋賀陽子訳、青土社）

「宇宙学校・ひがしまつやま」のストリーミング映像

JAXA相模原チャンネルには、ロケット開発の歴史や、「はやぶさ」の冒険、天体の不思議など、さまざまなテーマの番組がそろっている

JAXA宇宙教育センターでは、相模原キャンパスの展示室の一角にあるスタジオから、「宇宙教育テレビ」というインターネット放送を時々実施してきました。この機材を有効活用するために、宇宙科学研究所と宇宙教育センターの担当者が協力して、動画配信サービスのUSTREAMに「JAXA相模原チャンネル」(http://www.isas.jaxa.jp/tv_isas) を開設しました。「宇宙教育テレビ」の中継以外の時間帯には通常は教育・普及用ビデオ (100作品を超える数が登録されています) のストリーミング配信を行っています。まだ手探り状態ですが、観測ロケットの打ち上げや「宇宙学校」などの一般向けの主催イベントの中継も試みています。

このように手作りで試験的かつ小規模にスタートした「JAXA相模原チャンネル」ですが、幸先のよいことに、昨年12月10日に皆既月食という好機が訪れました。試行的にM-Vロケット脇で月食中継を行ったところ、視聴者数が延べ68万人を記録しました。これは政令指定都市である相模原市の人口にも匹敵する数で、USTREAMだけでも49番組あったという当日の月食中継の中でも最大のアクセス数となりました。

外に出れば誰でも肉眼で観測できるのにわざわざ中継を見るというのも不思議な話ですが、寒かったこともあり、ずっと屋外にいて月食の推移を見守る人よりも、中継を見ながら状況を把握し、ピンポイントで屋外に出て自分の目で見るという人が多かったのではないかと解釈しています。手作り感満載の解説も好評だったようです。その直前に相模原市立博物館で行った私の「皆既月食直前ガイド―月並みでない月の話」も9万人を超える方にご覧いただきました。会場で生でお聞きいただくのは席数の関係で150名程度まで絞り込まなければなりませんでしたが、このような形で大勢の方に経験いただけたことを嬉しく思います。5月の金環日食でも同様の取り組みを行いたいと考えています。

「枯れた」システムで誰でも気軽に運用するために

勝手の知れた相模原キャンパス内での月食中継はうまくいったのですが、「宇宙学校」など外部で行うイベントでは、会場のインターネット環境などが必ずしも整ってはおらず、中継がうまくいかないケースが時々発生します。バラックで組んだシステムでも、それを組んだ当人がその場にいればある程度の応急処置をすることは可能ですが、毎回出張してもらうこともできず、ある程度「枯れた」システムを組んで手の空いた人間が気軽に運用できるようにする必要があります。これについては改良を進めてもらっています。

一方で、これら遠隔地で行う広報イベントの多くはリアルタイム性を必要としないので、不安定なライブ中継にこだわる必要はないとも考えています。映像記録は従来から継続して行っていますので、録画データを元に後日落ち着いて配信することも並行して進めたいと思います。

プレスリリースの解説も実施

「JAXA相模原チャンネル」は私たちにとっては自前の放送局です。番組ごとに視聴数は大きくばらつきますが、ISASメールマガジンやTwitter、記者向けのお知らせなどでの告知と組み合わせて認知度を高めることができれば、強力な情報発信手段となります。

そこで、研究成果のウェブリリースやロケット実験などに絡めて、文字情報だけではなかなかうまくお伝えできない情報を、「JAXA相模原チャンネル」を通じてタイムリーに発信することも行っています。これまでにX線天文衛星「すざく」の研究成果や、赤外線天文衛星「あかり」の運用終了、観測ロケットの成果などを速報的に解説してきました。記者レクをインターネット上で行うようなものですから、「宇宙教育テレビ」で行ってきたような書き込みを通じた双方向コミュニケーションが確立できれば、プレスリリースの新たな形態となるのではないかと考えています。

「JAXA相模原チャンネル」は進化を続けています。未体験の方にはぜひご覧いただくとともに、今後の展開にどうぞご期待ください。

阪本成一
SAKAMOTO Seiichi
宇宙科学研究所教授／宇宙科学広報・普及主幹。専門は電波天文学、星間物理学。宇宙科学を中心とした広報普及活動をはじめ、ロケット射場周辺漁民との対話や国際協力など「たいがいのこと」に挑戦中。
写真は「皆既月食直前ガイド」講演中の1コマ

JAXA最前線

INFORMATION 2

古川、星出宇宙飛行士首相表敬訪問

1月23日、古川聡、星出彰彦宇宙飛行士が首相官邸を表敬訪問しました。古川宇宙飛行士は国際宇宙ステーション（ISS）へ持って行った国旗をパネルに入れて贈り、野田佳彦首相は「宇宙での貴重な体験を、ぜひ国民に伝えてほしい」と述べました。今年夏からISSに長期滞在予定の星出宇宙飛行士には「宇宙での実験は、薬の開発や新しいビジネスの創出につながるので、夢につないでいってほしい」とエールを送りました。ついで、両飛行士は平野博文文部科学相を表敬訪問。平野文科相は、無限の可能性を持つ宇宙に積極的に取り組むとし、両飛行士を激励しました。また、古川宇宙飛行士は古川元久宇宙開発担当相にISSでの活動を報告。地球に科学実験のサンプルなど物資を持ち帰ることのできる改良型宇宙ステーション補給機の開発の必要性を訴えました。古川宇宙相は、「日本人による有人火星探査などの大きな目標を実現するためにも、足元から技術をつなげていくことが重要」と述べ、開発推進に理解を示しました。

右から野田首相、古川、星出宇宙飛行士

INFORMATION 4

「こうのとり」3号機打ち上げ準備進む

ISSへ地上から物資を運ぶ宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）。スペースシャトルが退役した現在、大型の船内や船外物資などを運ぶことのできる唯一の宇宙船として、重要な役割を担っています。「こうのとり」は打ち上げごとに改良が加えられており、3号機では国内の先端技術を採用した国産の推進系や通信機器を搭載し、完成形態となります。種子島宇宙センターでは、2012年度前半に打ち上げ予定の3号機の準備が着々と進められています。今回ISSへは、食料や実験用品などに加え、水棲生物実験装置（AQH）、小型衛星放出機構（J-SSOD）、ポート共有実験装置（MCE）、NASAの実験装置（SCAN Testbed）を運びます。また、再突入時の温度や軌道データの収集を目的とした再突入データ収集器も搭載し、宇宙から物を回収する技術の研究に役立てます。

左／種子島宇宙センターに搬入される「こうのとり」3号機の電気モジュール　右／プレス公開された小型衛星放出機構

INFORMATION 3

被災地へ人工衛星回線を提供 岩手県より感謝状

岩手県より、東日本大震災時のJAXAの災害支援に対して、感謝状が授与されました。JAXAでは、震災直後に岩手県と宮城県に対し、「きずな」と「きく8号」を利用した人工衛星回線を提供し、対策本部間のTV会議や住民の方々による安否情報等の情報収集に利用されました。また、「だいち」による画像を現地災害対策本部や防災関係省庁等に提供し、広範囲な被害状況の確認に役立てられました。JAXAでは、東日本大震災への災害支援を踏まえ、各地の自治体とも連携した大規模災害時の人工衛星回線の利用の理解・普及に努める活動を行い、また、「だいち」の後継機である「ALOS-2」の開発、「ALOS-3」の研究を進める等、様々な利用の実現を目指しています。

感謝状

独立行政法人
宇宙航空研究開発機構 様

このたびの東日本大震災津波において被災された方々のために尽力され救助救援や復旧復興に多大な貢献をされました
よってここにその厚情に対し深く感謝の意を表します

平成二十四年一月[illegible]日
岩手県知事 達増拓也

INFORMATION 5

あなたの街に宇宙航空の旬の話題をお届けします

宇宙航空分野の旬の話題、研究開発にまつわる舞台裏などをテーマに講演してほしいとの依頼が、毎日、問い合わせ窓口宛てに寄せられます。私たちJAXA職員も「たくさんの皆さんに、もっと現場の生の声を届けたい」と思い、JAXA全体を挙げて講師派遣に取り組んでいます。「大都市の大きなイベントにしか呼べないのでは……」ということはありません。皆さんがお住まいの地域で行われるさまざまなイベントにも伺い、皆さんと触れ合える機会、そこで生まれる共有の時間を、もっともっと多く創り出し、大切にしていきたいと考えています。JAXA職員は、これからも全国を駆け巡ります！

講師派遣に関するご相談
詳細なお問い合わせは、
下記アドレスまで。
http://www.jaxa.jp/pr/lecture
※職員の業務状況等によっては、必ずしもご希望に添えるものではございませんので、予めご了承ください

JAXA's 宇宙航空研究開発機構機関誌 No.043

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー
2012年3月1日発行

JAXA's 編集委員会
委員長　的川泰宣
副委員長　寺田弘慈
委員　阪本成一／寺門和夫／喜多充成
顧問　山根一眞

INFORMATION 1

2011年 JAXA受賞者一覧（2011年1月〜12月の主な受賞）

賞の名称	主催（賞を授与する団体）	受賞日	受賞者・団体	受賞内容
日本機械学会宇宙賞	日本機械学会	2011/1/1	川口淳一郎	宇宙工学の分野で機械工学に関連する先駆的な技術開発、または野心的で創造性あふれる活動を行った個人であるとして
2011年日経優秀製品・サービス賞 30周年特別賞	日本経済新聞社	2012/1/4	宇宙航空研究開発機構／三菱重工業株式会社	人工衛星打ち上げロケット「H-ⅡA」
財界賞　特別賞	財界研究所	2011/1/6	川口淳一郎	世界で初めて小惑星の微粒子を採取した小惑星探査機「はやぶさ」を地球へ帰還させることに成功。数々のトラブルに見舞われながらも「はやぶさ」を7年後に地球に帰還させた。チーム一丸となったプロジェクトへの取り組みは日本中に感動と元気を与え、またイトカワの微粒子解明が太陽系の起源解明への第一歩になるなど学術面で貢献した
科学技術への顕著な貢献 2010（ナイスステップな研究者）	科学技術政策研究所	2011/1/17	森治、横田力男、澤田弘崇	IKAROSにおける技術開発と実証実験の成功
一般表彰スペースフロンティア	日本機械学会宇宙工学部門	2011/1/27	IKAROS開発チーム	世界初のソーラーセイル技術のための大型膜面材料・展開機構の開発および光圧航法の宇宙実証を行いIKAROSプロジェクトの成果につなげ日本の宇宙工学の発展に貢献したとして
2010年度 朝日賞	朝日新聞文化財団	2011/1/27	「はやぶさ」プロジェクトチーム	産官学の協力による世界初の小惑星探査往復飛行
2010年日本流体力学会技術賞	日本流体力学会	2011/2/19	稲谷芳文、石井信明、山田哲哉、藤田和央、本田雅久、中北和之、山崎喬、鈴木俊之、安部隆士、藤井孝蔵	小惑星探査機「はやぶさ」搭載のサンプル回収カプセルにおける空力過熱環境の正確な把握に基づく熱 防御システムの設計、ならびにこのカプセルが再突入から地上に到達するまでの空力設計技術
感謝状	日本海難防止協会	2011/2/25	鈴木智美、冨井直弥	「海と安全 No.548」（社団法人日本海難防止協会発行）に寄稿の論文「超高速インターネット衛星「きずな」の洋上ブロードバンド通信実験と将来展望」が将来の海洋ブロードバンド創出に寄与するとして
日本クリエイション大賞 ネバー・ギブアップ賞	（財）日本ファッション協会	2011/3/11	「はやぶさ」プロジェクトチーム	トラブルを乗り越え帰還した「はやぶさ」が教えてくれた、あきらめない大切さ
科学技術分野の文部科学大臣表彰　科学技術特別賞	文部科学大臣	2011/4/11	「はやぶさ」プロジェクトチーム	小惑星探査機「はやぶさ」の地球・小惑星間往復航行と地球帰還技術の確立
科学技術分野の文部科学大臣表彰　科学技術賞	文部科学大臣	2011/4/11	宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）	軌道上有人施設へのランデブードッキングと補給技術に関する研究
ゴールド・メダル賞　特別賞	読売テクノフォーラム	2011/4/13	「はやぶさ」プロジェクトチーム	「はやぶさ」による小惑星イトカワへの往復飛行と微粒子採取の成功
日本航空宇宙学会賞 技術賞（プロジェクト部門）	日本航空宇宙学会	2011/4/15	宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）	航空宇宙の発展に新境地を拓いたとして
第20回　日本航空宇宙学会技術賞〔基礎技術部門〕	日本航空宇宙学会	2011/4/15	郭東潤、徳川直子、吉田憲司ほか	超音速機空力設計データベース（NEXST-DB）の構築
第20回　日本航空宇宙学会技術賞〔基礎技術部門〕	日本航空宇宙学会	2011/4/15	藤田和央	数値解析と分光計測を融合したプラズマ診断技術
第20回　日本航空宇宙学会論文賞	日本航空宇宙学会	2011/4/15	齊藤健一	二次元空力弾性系の遷音速非線形特性について
第20回　日本航空宇宙学会論文賞	日本航空宇宙学会	2011/4/15	青山剛史　他3名	EFFICIENT PREDICTION OF HELICOPTER BVI NOISE UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF WAKE AND BLADE DEFORMATION
若手優秀講演賞	日本航空宇宙学会	2011/4/15	堤 誠司	「圧縮性乱流境界層解析におけるLES/RANSハイブリッド法の適用」（第42期年会講演会）共著者：高木 亮治、高瀬 慎介
文部科学大臣表彰科学技術特別賞	文部科学省	2011/4/20	川口淳一郎、稲谷芳文、國中均	小惑星探査機「はやぶさ」の地球・小惑星間往復航行と地球帰還技術の確立
平成23年度 複合材料学会論文賞	日本複合材料学会	2011/5/1	平野義鎭	論文「模擬雷撃を加えたCFRP積層板の損傷挙動」
功労賞	日本複合材料学会	2011/5/1	石川隆司	永年にわたる複合材料工学および日本複合材料学会発展のための多大の貢献
Von Braun Award	National Space Society（NSS）	2011/5/20	「はやぶさ」プロジェクトチーム	「初の太陽周回天体表面への往復と試料の帰還」の成功
ギネス	Guinness World Records	2011/5/23	小惑星探査機「はやぶさ」	「世界で初めて小惑星から物質を持ち帰った探査機」
ロボティクス・メカトロニクス部門　技術業績賞	日本機械学会	2011/5/27	宇宙航空研究開発機構	小惑星探査機「はやぶさ」のサンプル採取のための技術
日本複合材料学会功労賞	日本複合材料学会	2011/5/1	石川隆司	日本における複合材料の科学技術的発展と、その普及を主な目的とする学会の目標に対する貢献
ASIA PACIFIC AEROSPACE & DEFENSE AWARD SPACE RESEARCH ORGANIZATION OF THE YEAR	フロスト&サリバン社（米国）	2011/6/2	宇宙航空研究開発機構	アジア太平洋地域における宇宙研究機関としての優れた調査実績
第23回秋季信頼性シンポジウム 優秀賞	日本信頼性学会	2011/6/3	根本規生、鈴木浩一　ほか	地上用部品の鉛フリー化に伴い信頼性上の問題であるすずウィスカによる短絡故障リスクに関して、宇宙環境を模した熱真空試験では地上環境と異なる形状のウィスカが成長するため、短絡故障リスクが高い形状であることを明らかにした。また、樹脂コーティングによるウィスカ成長性抑制効果と材料特性の関係を明らかにした
ベスト・ファーザー イエローリボン賞（学術・文化部門）	日本メンズファッション協会	2011/6/7	川口淳一郎	「はやぶさ」プロジェクトの成功で、これから育つ子供達に夢と希望を与え、困難なプロジェクトのリーダーとして、プロジェクトを牽引した「父親的」な役割を果たしたとして
電波功績賞総務大臣賞	電波産業会	2011/6/10	宇宙ステーション補給機こうのとり（HTV）	HTV近傍接近システム通信技術の開発
IT Japan Award 2011　特別賞	日経コンピュータ	2011/7/12	「はやぶさ」プロジェクト	「はやぶさ」プロジェクトを支えたシステム構築プロジェクトでのシステム構築・活用の取り組みに対して
メダル授与	ロシア大統領府	2011/8/2	若田光一、野口聡一	合計63名の宇宙飛行士が有人飛行において国際協力の大きな貢献を行ったとして
第42回 星雲賞 自由部門	第50回 日本SF大会 DONBURACON L 実行委員会	2011/9/3	「はやぶさ」プロジェクトチーム	「はやぶさ」（第20号科学衛星MUSES-C）の地球帰還
日本ロボット学会実用化技術賞	日本ロボット学会	2011/9/8	上野浩史、土井忍、若林靖史	「きぼう」ロボットアームと装置交換機構による軌道上組立技術の実用化
感謝状	第一管区海上保安本部	2011/9/12	宇宙利用ミッション本部及び陸域観測技術衛星「だいち」	多年にわたる船舶交通安全情報の資料提供
機械材料・材料加工部門 2010年度新技術開発部門表彰	日本機械学会	2011/9/12	森本哲也　ほか	M&P2010発表「温度に依存する熱伝導率を備えた熱機能性複合材料の創製」にて機械材料・材料加工関連の学術的・技術的分野の発展において多大なる貢献があったとして
2011年度計測自動制御学会学会賞 技術賞	計測自動制御学会	2011/9/15	大谷崇、濱田吉郎、葛西時雄、井川寛隆、巳谷真司、砂川圭、池田正文	「きく8号」の軌道上ロバスト姿勢制御実験の成功により将来の同一クラスの衛星のロバスト姿勢制御への途を切り拓いたとして
平成23年度 航空関係者表彰「空の夢賞」	日本航空協会	2011.9.20	「はやぶさ」プロジェクトチーム	航空、宇宙に対する夢や希望を与え、明るい話題を提供するなどのユニークな貢献があったとして
ICAS Award for Innovation in Aeronautics	国際航空科学会議（ICAS）	2011/9/24（受賞決定日）	石川隆司	航空分野において世界的なインパクトを与えるような革新的技術開発と統合とを設計と製造の視点も含めて完遂した（先進複合材料の技術研究）　※日本人初
AIAA 2011 Space Operations and Support Award	アメリカ航空宇宙学会（AIAA）	2011/9/28	「はやぶさ」プロジェクトチーム	世界で初めての小惑星からのサンプルリターンミッションにおける、ミッション中に発生した数々の不具合を克服しミッションを成功に導いた成果
AIAA 2011 Space Automation and Robotics Award	アメリカ航空宇宙学会（AIAA）	2011/10/2	JAXA　ETS-VII/JEM Team	技術試験衛星VII型「きく7号（おりひめ・ひこぼし／ETS-VII）」および「きぼう」日本実験棟での先進的な宇宙ロボット技術の開発・運用
IAA Team Achievement Award	国際宇宙航行アカデミー（IAA）	2011/10/11	「はやぶさ」プロジェクトチーム	チームとして優れた業績を残した宇宙プロジェクトであり特に国際協力プロジェクトとして高く評価
終身委員（称号）	国際複合材料委員会（ICCM）	2011/10/11	石川隆司	先進複合材料工学の発展に尽くし、その学術の国際交流に大きな貢献を果たしたとして
World Fellow（称号）	国際複合材料委員会（ICCM）	2011/10/20	石川隆司	上記終身委員の中でもさらに功績の高い人物であるとして　※日本人初
ASIAGRAPH 2011匠賞	ASIAGRAPH	2011/10/21	古川聡	アジアの技術・コンテンツに貢献したとして
WWAAC Awards (Who in Asian American Communities Awards)	WWAAC Alliance Conference	2011/10/24	若田光一	顕著な活躍をし成功したアジア人であるとして
Alan. D. Emil記念賞	国際宇宙航行連盟（IAF）	2011/10/24	白木邦明	国際宇宙ステーション（ISS）の成功と輸送システム技術への貢献
神奈川文化賞	神奈川県／神奈川新聞社	2011/11/3	川口淳一郎	神奈川の文化の向上発展に尽力し、その功績が顕著であったとして
第43回流体力学講演会/航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム2011 数値シミュレーション部門最優秀賞	日本航空宇宙学会、宇宙航空研究開発機構、日本流体力学会	2011/11/16	村山光宏、横川譲、山本一臣、今村太郎　他3名	論文「航空機二輪型主脚車間部からの騒音発生に関する数値解析」
第48回環境工学研究フォーラム優秀ポスター発表賞	土木学会環境工学委員会	2011/11/27	内田智子、西川和香ほか	宇宙におけるメダカ飼育実験のための硝化・脱窒手法の開発

CLOSE UP

本物の大きさと迫力にびっくり！

前田旺志郎くんが筑波宇宙センターを見学

「映画では、旺志郎といっしょになったつもりで、『はやぶさ』のかっこいいところや悲しいところを見て、応援してほしいです。あと、ここの展示館では、人工衛星の大きさにびっくりしました。本物を見ると、すごくいろんなことが分かりました。今日は来られてよかったです！」

相模原キャンパス周辺を舞台に撮影された映画『おかえり、はやぶさ』（3月10日公開）に出演した子役の前田旺志郎（おうしろう）くん（小学5年生、漫才コンビ「まえだまえだ」弟）が、今回筑波宇宙センターを訪ねてくれました。もちろん「はやぶさ」の実物大モデルは相模原で見ているのですが、筑波の展示館に設置された「だいち」や「かぐや」や「こうのとり」などの実物大の模型にかなり驚いた様子で、「うわーっ、でかい！」と歓声をあげていました。旺志郎くんが体験した「きぼう」運用管制室見学や宇宙飛行士訓練の様子は、JAXAの子供向けWEBサイト「JAXAクラブ」でもご紹介していますのでご覧ください。→ http://www.jaxaclub.jp/

『おかえり、はやぶさ』
3月10日全国公開〈3D・2D同時公開〉
出演：藤原竜也、杏、三浦友和、前田旺志郎
監督：本木克英　脚本：金子ありさ
音楽：冨田勲

「筑波宇宙センター」施設見学のご案内

展示館「スペースドーム」
●開館時間／10:00〜17:00
●休館／年末年始（12/29〜1/3）
施設点検等で臨時休館となる場合もあるため事前にご連絡下さい。
●お問い合わせ／029-868-2023

「JAXA's」配送サービスを行っています。ご自宅や職場など、ご指定の場所へJAXA'sを配送します。本サービスご利用には、配送に要する実費をご負担いただくことになります。詳しくは下記ウェブサイトをご覧ください。
http://www.jaxas.jp/
●お問い合わせ先
財団法人日本宇宙フォーラム 広報・調査事業部
「JAXA's」配送サービス窓口
TEL:03-6206-4902

広報部　〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング3階
TEL:03-6266-6400　FAX:03-6266-6910

JAXAウェブサイト　http://www.jaxa.jp/
メールサービス　http://www.jaxa.jp/pr/mail/
JAXA's配送サービス　http://www.jaxas.jp/